玉米螟赤眼蜂对亚洲玉米螟益它素的嗅觉反应

白树雄，王振营*，何康来，文丽萍，周大荣
（中国农业科学院植物保护研究所，北京　100094）

摘要：在实验室条件下利用四臂嗅觉仪测定了玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostriniae* Pang *et* Chen 对来源于寄主亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis*（Guenée）成虫、卵、附腺以及性信息素的益它素的嗅觉反应。结果表明：已交配尚未产卵亚洲玉米螟雌蛾及其附腺对玉米螟赤眼蜂有明显的吸引作用，而处女蛾、产卵前期雌蛾、产卵后期雌蛾及其附腺却没有作用；当玉米螟卵块数量为2块及卵表正己烷提取物当量为0.25块卵时，对玉米螟赤眼蜂也有明显的吸引作用，尤其以产在玻璃管内卵块吸引最为显著，达到极显著水平（$P<0.01$）；性信息素组分之一，反-12-十四碳烯乙酸酯（*E*12-14：Ac）在剂量为1 μg时亦显著刺激了赤眼蜂的活动，表现为进入处理区的次数明显增加，且滞留时间明显延长。

关键词：玉米螟赤眼蜂；亚洲玉米螟；益它素；嗅觉反应
中图分类号：Q965　**文献标识码**：A　**文章编号**：0454-6296(2004)01-0048-07

Olfactory responses of *Trichogramma ostriniae* Pang *et* Chen to kairomones from eggs and different stages of female adults of *Ostrinia furnacalis* (Guenée)

BAI Shu-Xiong, WANG Zhen-Ying*, HE Kang-Lai, WEN Li-Ping, ZHOU Da-Rong (Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing　100094, China)

Abstract: *Trichogramma ostriniae* Pang *et* Chen is the dominant egg parasitoid wasp of Asian corn borer (ACB), *Ostrinia furnacalis* (Guenée). Olfactory response of *T. ostriniae* to kairomones emitting from the different stages of ACB female adults, their accessory glands and eggs were measured by using a four-arm olfactometer in the laboratory. The results indicated that airborne chemicals from egg masses, (*E*)-12-tetradecenyl acetate (*E*12-14: Ac, a component of ACB sex pheromone), mated-females before their first oviposition and their accessory glands stimulated an intensive search behavior by *T. ostriniae* females; however, volatiles from virgin females or females after their first oviposition and their accessory glands did not elicit the parasitoid's movement.

Key words: *Trichogramma ostriniae*; *Ostrinia furnacalis*; kairomones; olfactory response

Vinson(1984)把寄生蜂选择寄主的过程分为寄主栖境定位、寄主定位、寄主接受和寄主调节四个主要步骤。每进行一步都决定于周围环境及与其寄主相关的物理和化学的信息，而不是随机的进行。来源于寄主本身被称为益它素的化学信息化合物在寄生蜂寻找寄主的过程中起着关键作用，它存在于寄主的不同部位或不同时期，如寄主卵、翅鳞片、性信息素、成虫及其排泄物等(Lewis *et al*., 1972; Jones *et al*., 1973; Lewis *et al*., 1982; Noldus and van Lenteren, 1985a; Agelopoulos *et al*., 1995; Boo and Yang, 2000)。

国内外对于欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis* (Hübner)、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)、甘蓝夜蛾 *Mamestra brassicae* (L.)以及棉红铃虫 *Pectinophora gossypeilla* (Saunders)等益它素对赤眼蜂行为的影响已有不少报道(Noldus and van Lenteren, 1985b; Kaiser and Pham-Delegue 1988; Shu and Jones, 1988; Kaiser *et al*., 1989; 王锦举和宗良炳, 1990; Renou *et al*., 1992; 王振营等, 1996)，而对有关来源于亚洲玉米螟 *O. furnacalis* (Guenée)的益它素的存在部位和时期及对玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostriniae* Pang *et* Chen 行为的作用尚未见报道。我们测试了玉米螟赤眼蜂对来源于亚洲玉米螟卵、玉米螟雌蛾性信息素及附腺上的益它素的嗅觉反应。

基金项目：国家自然科学基金项目(39770513)
作者简介：白树雄，男，1972年10月生，硕士，助理研究员，主要从事昆虫行为生态和化学生态学研究，E-mail：baishuxiong@sohu.com
＊ 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：wangzy@95777.com
收稿日期 Received：2003-02-13；接受日期 Accepted：2003-05-26

1　材料与方法

1.1　供试昆虫

亚洲玉米螟(以下简称玉米螟)采用周大荣等标准养虫技术和无琼脂半人工饲料的饲养方法进行繁殖(周大荣等，1980；宋彦英等，1999)。成虫在26℃、RH 80%和16L:8D的光周期条件下饲养。

玉米螟赤眼蜂蜂种由北京市农林科学院植保环保所提供，采自北京市昌平区，在实验室用玉米螟卵繁殖。在养虫室28℃、RH 80%和16L:8D的光周期下，接入新鲜的玉米螟卵块，8天后即羽化出蜂。实验用蜂为羽化时间 < 24 h，已交配后的雌蜂。

1.2　测试用玉米螟雌蛾

处女蛾：羽化12 h的未交配玉米螟雌蛾。交配未产卵雌蛾：将羽化后成虫一雌两雄放入一小产卵笼中，第2天取未产卵雌蛾生测。生测后查其交尾情况。产卵前期雌蛾：产卵1天后雌蛾(已产1～3个卵块)。产卵后期雌蛾：产卵5天后雌蛾(已产7～9个卵块)。

上述每处理分别取2头雌蛾，嗅觉仪每个处理对角各为1头。

1.3　玉米螟卵及其卵表提取物

1.3.1　玉米螟卵：产在蜡纸上卵块：取新鲜玉米螟卵块(< 24 h，每块约50～60粒卵)分1、2、4、8块不同处理进行生测。产在玻璃管内的卵块：将交尾后雌蛾放入一玻璃管中，产卵后移走雌蛾，取产卵为两块的玻璃管进行生测。正己烷提取后的卵块：将两块玉米螟卵用1 mL正己烷浸泡10 min后取出，待正己烷挥发后生测。

上述处理均为嗅觉仪一个对角处理，空白对照。

1.3.2　玉米螟卵表正己烷提取物：将10个玉米螟卵块用2 mL正己烷浸提2 h，将卵块取出，分别取0.1 mL(当量为0.5个卵块)、0.05 mL(当量为0.25个卵块)、0.025 mL(当量为0.125个卵块)三个体积正己烷卵提取液进行生测。

1.4　玉米螟雌蛾性信息素

所用玉米螟雌蛾性信息素两个组分顺-12-十四碳烯乙酸酯(Z12-14:Ac)和反-12-十四碳烯乙酸酯(E12-14:Ac)由中国科学院动物所赵成华研究员提供。用正己烷稀释后量取，将其滴于滤纸上，待正己烷挥发后进行生测。

Z12-14:Ac分别为1 μg和2 μg两个处理；E12-14:Ac分别为10 μg、1 μg和0.1 μg三个处理；E:Z (1:1)与E:Z (1:2)处理各为1 μg。上述处理均为嗅觉仪一个对角处理用量。

1.5　玉米螟雌蛾附腺

在解剖镜下将雌蛾附腺(叶艳玲和陆近仁，1964；钱仁贵，1982)用昆虫针挑出，置于小片滤纸上，挤碎。每个处理对角各为2个附腺。

处女蛾附腺：羽化12 h未交尾的雌蛾附腺。交配未产卵雌蛾附腺：所用雌蛾同1.2，解剖时查其交配囊确定是否受精。产卵前期雌蛾附腺：产卵1天后雌蛾附腺，雌蛾有精珠1枚。产卵后期雌蛾附腺：产卵5天后雌蛾附腺，雌蛾有精珠2～3枚。

1.6　生测装置

嗅觉仪是测定小型昆虫，特别是寄生蜂行为反应较为简便、可靠的装置。本实验所用嗅觉仪是经Vet等(1983)所描述的装置适当改进制作。嗅觉仪内部为星状空间，分为四个区域，四臂都分别与气味源或净化空气、流量计、加湿器、活性炭相连接。在嗅觉仪正上方(高度为1.5 m)悬一250 W的反射型日光色镝灯(DDF250，南京灯泡厂)，室内温度保持在25℃左右。测试时其中两个对角作为处理，另两个作为对照。

1.7　生物测定

分别调整各流量计使流过嗅觉仪各臂气流均为300 mL/min。将1头玉米螟赤眼蜂雌蜂用一小玻璃管从四臂嗅觉仪底板中心释放口引入，记录5 min内雌蜂停留于嗅觉仪各区的时间和进入次数(停留5 s以上计作1次)。每测1头将嗅觉仪旋转90°，之后先用无水乙醇，然后用蒸馏水擦拭测试区域，以雌蜂进入处理区的次数及滞留时间作为判定其对所测定气味的趋性反应标准。每种样品至少测定30头蜂，以群体平均值来评价所测定气味对玉米螟赤眼蜂的生物活性作用。每次实验结束后，用金鱼牌洗涤灵彻底清洗嗅觉仪及其部件，再用蒸馏水冲洗干净，晾干后用无水乙醇及蒸馏水再擦拭一遍，进行另一样品的测试。

1.8　数据统计

对滞留时间、进入次数分别进行 $\arcsin(y/300)^{1/2}$、$\log_e(y+1)$数据转换。用配对法 T 测验检验赤眼蜂在四臂嗅觉仪两对角区域中是否呈假设检验 H_0：$\mu_1 = \mu_2$ 的理论分布，计算相应的显著水平。

2　结果与分析

2.1　玉米螟赤眼蜂对玉米螟雌蛾气味的嗅觉反应

表 1 数据表明，交配未产卵雌蛾的气味对玉米螟赤眼蜂有强烈的吸引，赤眼蜂在处理区的滞留时间和进入次数极显著地高于对照区。而处女蛾以及产卵后雌蛾对赤眼蜂的行为无作用。

表 1 玉米螟赤眼蜂对不同生理阶段的亚洲玉米螟雌蛾挥发物的嗅觉反应

Table 1 Olfactory response of *T*. *ostriniae* to volatiles emitted by *O*. *furnacalis* female adults in different physiological stages

亚洲玉米螟雌蛾 Asian corn borer females	滞留时间 Retention time (%)			进入次数 Number of entering		
	对照 Control	处理 Treatment	P*	对照 Control	处理 Treatment	P*
处女蛾 Virgin	25.4 ± 19.4	31.8 ± 17.8	0.2223	3.2 ± 1.5	3.8 ± 1.8	0.1369
交配未产卵雌蛾 Mated, but not oviposited	18.2 ± 14.8	43.4 ± 24.8	0.0005	2.5 ± 1.8	4.2 ± 2.1	0.0011
产卵前期雌蛾 Earlier stage of oviposition	31.8 ± 24.2	28.6 ± 24.0	0.6413	3.1 ± 1.7	3.5 ± 2.5	0.9318
产卵后期雌蛾 Later stage of oviposition	29.3 ± 26.4	22.0 ± 18.5	0.3994	2.6 ± 1.6	3.0 ± 1.8	0.6190

* 配对法 *T* 测验 $N = 30$，mean ± *SD*，下同 Paired *t*-tests $N = 30$，mean ± *SD*. The same below.

2.2 玉米螟赤眼蜂对玉米螟卵的嗅觉反应

2.2.1 玉米螟赤眼蜂对玉米螟卵表挥发物的嗅觉反应：在测定玉米螟产在蜡纸上不同数量卵块气味浓度对赤眼蜂的嗅觉反应时，当卵块为 2 块时，玉米螟赤眼蜂在处理区的滞留时间显著高于空白对照区，但进入次数没有明显的区别；而当卵块数量为 1、4、8 块时，赤眼蜂对其气味却没有反应(表 2)。

用产在玻璃管内壁、卵块数为 2 块的卵块对赤眼蜂进行测定时，玉米螟赤眼蜂在处理区的滞留时间、进入次数都极显著地高于对照区；而正己烷提取后的卵块数为 2 块的卵块却不能引起赤眼蜂的反应(表 2)，说明玉米螟卵表面存在能够引起玉米螟赤眼蜂强烈嗅觉反应的挥发性物质，并可溶于正己烷中。

表 2 玉米螟赤眼蜂对亚洲玉米螟卵挥发物的嗅觉反应

Table 2 Olfactory response of *T*. *ostriniae* to volatiles emitted by *O*. *furnacalis* egg masses

玉米螟卵块 Asian corn borer egg masses	卵块数 Number of egg masses	滞留时间 Retention time (%)			进入次数 Number of enterings		
		对照 Control	处理 Treatment	P	对照 Control	处理 Treatment	P
产在蜡纸上卵块 Egg masses laid on the wax paper	8	830.6 ± 27.1	29.5 ± 23.2	0.9418	3.0 ± 1.3	3.2 ± 2.2	0.8417
	4	30.7 ± 26.6	25.1 ± 19.4	0.5250	2.7 ± 1.4	2.7 ± 2.1	0.7189
	2	22.8 ± 25.9	46.4 ± 32.9	0.0262	2.1 ± 1.7	2.4 ± 2.4	0.5658
	1	22.2 ± 27.4	35.0 ± 27.2	0.1074	2.0 ± 1.4	2.9 ± 2.2	0.1564
产在玻璃管内卵块 Eggs laid on the glass tube	2	16.8 ± 17.1	41.5 ± 26.7	0.0010	2.5 ± 1.6	4.1 ± 2.3	0.0022
正己烷提取后卵块 Eggs extracted by hexane	2	27.5 ± 28.3	23.7 ± 26.1	0.7205	2.1 ± 1.7	1.8 ± 1.6	0.4123

2.2.2 玉米螟赤眼蜂对玉米螟卵表正己烷提取物的嗅觉反应：表 3 结果表明，不同当量的正己烷卵表提取物对玉米螟赤眼蜂嗅觉反应影响明显不同，在当量为 0.25 块卵时，对玉米螟赤眼蜂有明显的吸引作用，赤眼蜂在处理区的滞留时间与进入次数都显著高于对照区，而在当量为 0.5 块卵和 0.125 块卵时却对赤眼蜂没有吸引，过高或过低对玉米螟赤眼蜂的嗅觉反应均无作用，这与表 2 中玉米螟赤眼蜂对不同密度的卵块的嗅觉反应的结果相吻合。

2.3 玉米螟赤眼蜂对玉米螟性信息素的嗅觉反应测定

玉米螟赤眼蜂对亚洲玉米螟性信息素主要组分 *Z*12-14:Ac、*E*12-14:Ac 及其不同浓度比 *E*:*Z*(1:1)、*E*:*Z* (1:2)四个处理的嗅觉行测定结果表明，组分 *E*12-14:Ac 在剂量为 1 μg 时对赤眼蜂的吸引最强，滞留时间和进入次数达到 0.05 水平，其它剂量作用

不明显。组分 *Z*12-14:Ac 以及 *E*:*Z*(1:1)、*E*:*Z*（1:2)两个配比剂量对赤眼蜂的作用均未达到显著(表4)。

2.4　玉米螟赤眼蜂对玉米螟雌蛾附腺的嗅觉反应测定

由表 5 可见，赤眼蜂对玉米螟交配未产卵雌蛾附腺有较强的嗅觉反应，其在处理气味源区的滞留时间与进入次数同对照比均达到显著水平。产卵前期雌蛾附腺对赤眼蜂也有一定的吸引作用。而处女蛾附腺、产卵后期雌蛾附腺对赤眼蜂却没有作用。

表 3　玉米螟赤眼蜂对亚洲玉米螟卵表正己烷提取物的嗅觉反应

Table 3　Olfactory response of *T*. *ostriniae* to hexane extract of *O*. *furnacalis* egg surface

玉米螟卵块的正己烷提取物(当量) Eggs extract by hexane (equivalent weight)	滞留时间 Retention time (%)			进入次数 Number of entering		
	对照 Control	处理 Treatment	*P*	对照 Control	处理 Treatment	*P*
0.5 块卵提取物 0.5 egg mass extract	25.9 ± 14.7	28.2 ± 18.1	0.4004	3.3 ± 1.9	4.0 ± 2.4	0.7048
0.25 块卵提取物 0.25 egg mass extract	21.2 ± 18.5	34.8 ± 21.4	0.0348	2.5 ± 1.5	3.6 ± 2.1	0.0197
0.125 块卵提取物 0.125 egg mass extract	15.7 ± 15.3	20.4 ± 18.9	0.6721	2.3 ± 1.6	2.6 ± 2.0	0.1851

表 4　玉米螟赤眼蜂对亚洲玉米螟性信息素不同组分的嗅觉反应

Table 4　Olfactory response of *T*. *ostriniae* adults to various components of *O*. *furnacalis* sex pheromone

性信息化合物 Chemicals	剂量(μg) Dose	滞留时间 Retention time (%)			进入次数 Number of entering		
		对照 Control	处理 Treatment	*P*	对照 Control	处理 Treatment	*P*
*Z*12-14:Ac	2	21.3 ± 21.9	27.9 ± 28.9	0.4868	1.3 ± 0.9	1.5 ± 1.3	0.7639
	1	29.9 ± 29.0	20.8 ± 29.1	0.3981	1.6 ± 1.4	1.3 ± 1.2	0.5083
*E*12-14:Ac	10	17.7 ± 20.4	31.3 ± 31.1	0.1542	1.4 ± 1.0	1.4 ± 1.3	0.9270
	1	18.7 ± 18.9	34.8 ± 27.1	0.0250	1.6 ± 1.3	2.3 ± 1.2	0.0249
	0.1	22.5 ± 22.1	28.2 ± 25.2	0.4412	1.6 ± 1.2	1.8 ± 1.3	0.6607
E:*Z* (1:1)	1	21.2 ± 22.3	30.2 ± 29.8	0.3958	1.5 ± 1.0	1.8 ± 1.4	0.7564
E:*Z* (1:2)	1	20.5 ± 25.9	20.9 ± 27.6	0.9706	0.9 ± 0.9	1.2 ± 1.3	0.7215

表 5　玉米螟赤眼蜂对不同发育时期的亚洲玉米螟雌蛾附腺的嗅觉反应

Table 5　Olfactory response of *T*. *ostriniae* to volatiles emitted from accessory glands of *O*. *furnacalis* females in different developmental stages

雌性附腺 Female accessory glands	滞留时间 Retention time (%)			进入次数 Number of entering		
	对照 Control	处理 Treatment	*P*	对照 Control	处理 Treatment	*P*
处女蛾附腺 From virgin females	29.1 ± 18.6	27.9 ± 18.4	0.7910	2.3 ± 1.2	2.1 ± 1.3	0.4718
交配未产卵雌蛾附腺 From females mated, but not oviposited	19.9 ± 19.6	34.0 ± 18.1	0.0229	2.1 ± 1.7	3.0 ± 1.8	0.0293
产卵前期雌蛾附腺 From females in earlier stage of oviposition	23.9 ± 21.8	36.1 ± 21.1	0.0762	2.0 ± 1.2	2.7 ± 1.6	0.0263
产卵后期雌蛾附腺 From females in later stage of oviposition	25.6 ± 19.32	0.8 ± 17.1	0.4914	2.5 ± 1.5	2.5 ± 1.8	0.8902

3 讨论

通过应用四臂嗅觉仪对赤眼蜂的嗅觉反应测定,结果表明,益它素在玉米螟赤眼蜂搜寻寄主过程中确实起着相当重要的作用。

雌蛾性信息素在一些寄生蜂对寄主的定向中具有重要作用。已有结果表明性信息素是其他几种赤眼蜂的益它素(Lewis *et al*., 1982; Frenoy *et al*., 1992; Boo and Yang, 2000)。Frenoy 等(1992)研究表明,在欧洲玉米螟雌蛾的一生当中有一个特殊时期为求偶期(calling activity),在雌蛾羽化后的第三个黑暗期进行,赤眼蜂对其有显著的反应。在此之前或给予持续的光周期,赤眼蜂对其都无反应。本研究亚洲玉米螟处女蛾为羽化 12 h 的雌蛾,信息素释放较少,赤眼蜂对其没有反应。在交配后前期(尚未产卵),释放的性信息素可能还有部分留在雌蛾的腹部末端,且雄蛾除了精子之外或许传递了其他物质,刺激了赤眼蜂的搜索行为(Frenoy *et al*.,1992),因而在四臂嗅觉仪内使赤眼蜂滞留时间和进入次数大大提高。雌蛾产卵后,雌蛾或许释放一种阻遏物质在卵的周围(Frenoy *et al*.,1992),导致赤眼蜂在行为上发生改变。相关机制仍需进一步研究。

实验表明,亚洲玉米螟卵表及其卵的正己烷提取液挥发性物质对赤眼蜂有一定的作用,结果与 Frenoy 等(1992)研究结果类似,他们在研究甘蓝夜蛾赤眼蜂 *T*. *brassicae* 对欧洲玉米螟卵块的嗅觉反应时,发现当寄主卵块数量为 3 块时能引起雌蜂的强烈搜索行为。表明赤眼蜂对寄主卵块的趋性可能与其挥发的气味浓度有关,太低或太高都不能引起其反应。产在玻璃管内壁的卵块极显著地增强了赤眼蜂的搜索行为,这可能是卵表挥发物与雌蛾分泌物共同作用的结果。另证实,赤眼蜂对用正己烷提取后的卵块无反应。这进一步说明了卵表挥发物确实对赤眼蜂有吸引作用。

我们用亚洲玉米螟性信息素的两种组分 *Z*12-14:Ac、*E*12-14:Ac 及其不同浓度比 *E*:*Z*(1:1)、*E*:*Z*(1:2)对赤眼蜂进行了研究。结果表明,只有剂量为 1 μg 的 *E*12-14:Ac 对赤眼蜂有吸引。其他处理均无作用。这与 Boo 和 Yang(2000)用螟黄赤眼蜂 *T*. *chilonis* 所做的结果相同。寄主雌蛾产生的性信息素通常是几种组分的混合物。赤眼蜂不是对寄主性信息素的所有组分都有反应,而是对其中一种组分在一定浓度下起反应。其他组分(雄蛾对其有反应)不一定是能引起赤眼蜂反应的益它素。甘蓝夜蛾赤眼蜂对欧洲玉米螟性信息素的活性组分顺-11-十四碳烯醇乙酸酯(*Z*-11-14:Ac)没有反应(Kaiser *et al*., 1989; Frenoy *et al*., 1992)。由此可见,赤眼蜂对性信息素的反应强度是不一致的。

玉米螟赤眼蜂对亚洲玉米螟交配未产卵雌蛾附腺的显著反应可能与附腺的分泌物有关,并且与玉米螟卵表挥发物类同。附腺分泌的粘性物质能使卵粒相互粘结形成卵块或卵鞘并固定于物体上,具有一定的挥发性。刚羽化的处女蛾可能由于附腺内含物还未形成,不能引起赤眼蜂的反应,在雌蛾交配后或许刺激了它的形成,对赤眼蜂的吸引较强。在产卵前期雌蛾附腺对赤眼蜂仍有一定的吸引,以后雌蛾附腺的作用渐弱,到产卵后期对赤眼蜂没有作用。这可能与附腺中内含物的多少有直接关系。

综上,与寄主相关的益它素对赤眼蜂搜寻寄主确实有一定的作用。对于大多数拟寄生物,在寄主栖息地寻找没有寄主信号出现的寄主被认为是随机的。与植物总表面相比,寄主卵相对很小,由于进化上的压力,卵是很模糊不清的,其卵表挥发物的量亦较低,它更可能在赤眼蜂短距离的寄主定位中起作用。因此,寄主的长距离的可测信号是缺乏的,一般寄主植物气味不是寄主存在的很可靠的信息,尤其对于搜寻能力很强的赤眼蜂而言(Suverkropp, 1997)。Vet 和 Dicke(1992)列出了赤眼蜂能够克服这个问题的三种可能方式:(1)赤眼蜂能够利用来自寄主其他阶段特殊的可测的信息如性信息素;(2)赤眼蜂能够利用植物和寄主相互作用产生的信息;(3)赤眼蜂能够学习将那些容易识别的不可靠的信号与难以识别的可靠的信号相联系。这三种方法也能够被联合利用。

赤眼蜂或许运用信息化合物迂回的方法通过利用作为寄主信号的寄主成虫产卵时留在卵上的鳞片以及产生的性信息素进行寄主栖境定位。另外,赤眼蜂可以利用互益素(synomone),借助于寄主植物挥发性物质对寄主进行定向搜寻(Read *et al*., 1970; Nordlund *et al*., 1985; Boo and Yang, 1998)。赤眼蜂也能够将来自寄主其他阶段或寄主植物的信息与来自卵的信息相联系(Kaiser *et al*.,1989)。这样,赤眼蜂是否可能联合利用寄主引发的互益素和信息化合物迂回的方法来进行长距离的寄主栖境定位,有待进一步研究。

明确了源于寄主的益它素对玉米螟赤眼蜂的嗅觉反应的影响,为进一步深入研究玉米-玉米螟-玉

米螟赤眼蜂三者的化学通讯联系，揭示寄主益它素在赤眼蜂寄主栖息地定向和寄主定位的相互关系，探讨玉米螟赤眼蜂的自然保护新方法奠定了基础。可通过对益它素的有效成分进行分析鉴定，人为施用益它素来提高玉米螟赤眼蜂在目标田对寄主的搜寻能力，延长其滞留时间，减少其无效扩散，提高寄生率。同时，还可将益它素用作玉米螟赤眼蜂人造卵产卵引诱物质或产卵刺激物，探讨其在玉米螟赤眼蜂人造卵繁殖中应用的可能性。

致谢　中国科学院动物研究所赵成华研究员惠赠亚洲玉米螟性信息素组分，在此谨致诚挚的谢意。

参考文献（References）

Agelopoulos NG，Dicke M，Posthumus MA，1995. Role of volatile infochemicals emitted by feces of larvae in host-searching behavior of parasitoid *Cotesia rubecula*（Hymenoptera：Braconidae）：A behavioral and chemical study. *J. Chem. Ecol.*，21(11)：1 789 – 1 811.

Boo KS，Yang JP，1998. Olfactory response of *Trichogramma chilonis* to *Capsicum annuum*. *J. Asia-Pacific Entomol.*，1(2)：123 – 129.

Boo KS，Yang JP，2000. Kairomones used by *Trichogramma chilonis* to find *Helicoverpa assulta* eggs. *J. Chem. Ecol.*，26(2)：359 – 375.

Frenoy C，Durier C，Hawlitzky N，1992. Effect of kairomones from egg and female adult stages of *Ostrinia nubilalis*（Hübner）(Lepidoptera，Pyralidae）on *Trichogramma brassicae*（Hymenoptera，Trichogrammatidae）female kinesis. *J. Chem. Ecol.*，18(5)：761 – 773.

Jones RL，Lewis WJ，Beroza M，Bierl BA，Sparks AN，1973. Host-seeking stimulants（kairomones）for the egg parasite，*Trichogramma evanescens*. *Environ. Entomol.*，2(4)：593 – 596.

Kaiser L，Pham-Delegue MH，1988. Behavioural plasticity in host-preferences of *Tichogramma maidis* Pint. *et* Voeg. In：Bouletreau M，Bonnot G eds. Parasitoid Insects(Lyon，8 – 10. September 1987). Les Colloques de L' INRA No.48. INRA，Paris. 59 – 60.

Kaiser L，Pham-Delegue MH，Bakchine E，Masson C，1989. Olfactory responses of *Trichogramma maidis* Pint. *et* Voeg.：Effects of chemical cues and behavioral plasticity. *J. Insect Behav.*，2(5)：701 – 712.

Lewis WJ，Jones RL，Sparks AN，1972. A host-seeking stimulant for the egg parasite *Trichogramma evanescens*：Its source and a demonstration of its laboratory and field activity. *Ann. Entomol. Soc. Am.*，65(5)：1 087 – 1 089.

Lewis WJ，Nordlund DA，Gueldner RC，Teal PEA，Tumlinson JH，1982. Kairomones and their use for management of entomophagous insects. Ⅷ. Kairomonal activity for *Trichogramma* spp. of abdominal tips，excretion，and a synthetic sex pheromone blend of *Heliothes zea*（Boddie）moths. *J. Chem. Ecol.*，8(10)：1 323 – 1 331.

Noldus LPJJ，van Lenteren JC，1985a. Kairomones for the egg parasite *Trichogramma evanescens* Westwood. Ⅰ. Effect of volatile substances released by two of its hosts，*Preris brassicae* L. and *Mamestra brassicae* L. *J. Chem. Ecol.*，11(6)：781 – 791.

Noldus LPJJ，van Lenteren JC，1985b. Kairomones for the egg parasite *Trichogramma evanescens* Westwood Ⅱ. Effect of contact chemicals produced by two of its hosts，*Pieris brassicae*（L.）and *Pieris rapae*（L.）. *J. Chem. Ecol.*，11(6)：793 – 800.

Nordlund DA，Chalfant RB，Lewis WJ，1985. Response of *Trichogramma pretiosum* to volatile synomomes of tomoto plants. *J. Entomol. Sci.*，20：372 – 376.

Qian RG，1982. Preliminary reports on the anatomy of ovary of corn borers（*Ostrinia furnacalis* Guenée）and its application. *Entomol. Knowl.*，19(5)：15 – 17.［钱仁贵，1982. 玉米螟卵巢解剖及应用初报. 昆虫知识，19(5)：15 – 17］

Read DP，Feeny PP，Root RB，1970. Habitat selection by the aphid parasite *Diaeretiella rapae*（Hymenoptera：Braconidae）and hyperparasite *Charips brassicae*（Hymenoptera：Cynipidae）. *Can. Entomol.*，102：1 567 – 1 578.

Renou M，Nagnan P，Berthier A，Durier C，1992. Identification of compounds from the eggs of *Ostrinia nubilalis* and *Mamestra brassicae* having kairomone activity on *Trichogramma brassicae*. *Entomol. Exp. Appl.*，63：291 – 303.

Shu S，Jones RL，1988. Laboratory studies of the host-seeking behavior of a parasitoid，*Trichogramma nubilale* and a kairomone from its host，*Ostrinia nubilalis*. *Trichogramma* and Other Egg Parasites. 2nd International Symposium，Guangzhou（China），Nov. 10 ~ 15. 1986. Ed. L' INRA，No. 43，Paris.，249 – 265.

Suverkropp BP，1997. Host-finding Behavior of *Trichogramma brassicae* in Maize. Ph.D thesis，Agricultural University，Wageningen. 1 – 249.

Song YY，Zhou DR，He KL，1999. Studies on mass rearing of Asian corn borer：Development of a satisfactory non-agar semi-artificial diet and its use. *Acta Phytophyl. Sin.*，26(4)：324 – 328.［宋彦英，周大荣，何康来，1999. 亚洲玉米螟无琼脂半人工饲料的研究与应用. 植物保护学报，26(4)：324 – 328］

Vet LEM，Dicke M，1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annu. Rev. Entomol.*，37：141 – 172.

Vet LEM，van Lenteren JC，Heymans M，Meelis E，1983. An airflow olfactometer for measuring olfactory responses of hymenopterous parasitoids and other small insects. *Physiol. Ento-*

mol.，8：97 – 106.

Vinson SB，1984. The behavior of parasitoids. In：Kerkut GA，Gilbert LI eds. Comprehensive Insect Physiology，Biochemistry and Pharmacology. London：Pergamon Press. 417 – 469.

Wang JJ，Zong LB，1990. Studies on the host-seeking kairomone for *Trichogramma chilonis* Ishii. In：Hubei Provincial Entomological Society ed. Contributions of Entomological Researches. Beijing：Beijing Agricultural University Press. 1 – 6.［王锦举，宗良炳，1990. 螟黄赤眼蜂寻找寄主利它素的研究. 见：湖北省昆虫学会编.昆虫学研究文集. 北京：北京农业大学出版社. 1 – 6］

Wang ZY，Zhou DR，Hassan SA，1996. Effect of hexane extract of European corn borer female moth scale on host-seeking behavior of *Trichogramma ostriniae*. *Acta Phytophyl*. *Sin*.，23(4)：373 – 374.［王振营，周大荣，Hassan SA，1996. 欧洲玉米螟雌蛾鳞片提取液对玉米螟赤眼蜂寄主搜索行为的影响. 植物保护学报，23(4)：373 – 374］

Ye YL，Lu JR，1964. Inner reproductive organ of *Pyrausta nubilalis* Hübner females and the structure of spermatophore. *Entomol*. *Knowl*.，8(4)：152 – 154.［叶艳玲，陆近仁，1964. 玉米螟(*Pyrausta nubilalis* Hübner)雌蛾的内部生殖器官和精珠的构造. 昆虫知识，8(4)：152 – 154］

Zhou DR，Ju ZL，Liu BL，Wang YY，1980. Studies on the mass rearing of corn borer：Ⅰ. Development of a satisfactory artificial diet for larval growth. *Acta Phytophyl*. *Sin*.，7：113 – 122.［周大荣，剧正理，刘宝兰，王玉英，1980. 玉米螟人工大量繁殖研究：Ⅰ. 一种半人工饲料及其改进. 植物保护学报，7(2)：113 – 122］

（责任编辑：黄玲巧）